

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

English abstract

(11)Publication number : 2004-114375

o5 Document 5)

(43)Date of publication of application : 15.04.2004

(51)Int.Cl.

B41J 2/06

B41J 2/01

(21)Application number : 2002-278229

(71)Applicant : KONICA MINOLTA HOLDINGS INC
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL
& TECHNOLOGY

(22)Date of filing : 24.09.2002

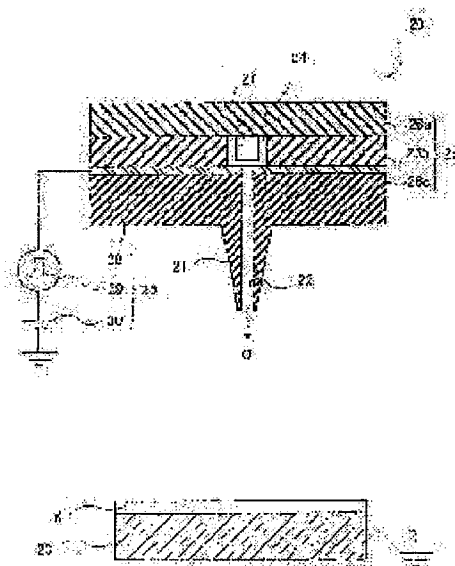
(72)Inventor : ISHIKAWA WATARU
MURATA KAZUHIRO
YOKOYAMA HIROSHI

(54) INKJET RECORDING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To lower a conductance by making a nozzle diameter small or by the like means and to enhance a controllability of an ink jetting amount by a voltage.

SOLUTION: The inkjet recording apparatus has nozzles 21 of a superfine diameter for jetting ink droplets from leading ends, an ink supply means for supplying ink into the nozzles 21, and a jetting voltage impressing means 25 for impressing a jetting voltage to the ink in the nozzles 21. The nozzle 21 has its leading end arranged opposite to a base K which includes a receiving face for receiving jetting of the ink droplets of charged ink. According to the inkjet recording apparatus, a jetting flow rate of ink droplets can be reduced, the jetting voltage can be lowered, and a control for executing jetting of minute ink droplets can be facilitated.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-114375

(P2004-114375A)

(43) 公開日 平成16年4月15日(2004.4.15)

(51) Int. Cl.⁷

B 4 1 J 2/06

B 4 1 J 2/01

F 1

B 4 1 J 3/04 1 0 3 G

B 4 1 J 3/04 1 0 1 Z

B 4 1 J 3/04 1 0 1 Y

テーマコード(参考)

2 C 0 5 6

2 C 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2002-278229(P2002-278229)

(22) 出願日 平成14年9月24日(2002.9.24)

(71) 出願人 000001270

コニカミノルタホールディングス株式会社
東京都千代田区丸の内一丁目6番1号

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関1-3-1

(74) 代理人 100090033

弁理士 荒船 博司

(72) 発明者 石川 渉

東京都日野市さくら町1番地 コニカ株式
会社内

(72) 発明者 村田 和広

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法
人産業技術総合研究所つくばセンター内

最終頁に続く

Document 5)
(JP-A-2004-114375)

(54) 【発明の名称】 インクジェット記録装置

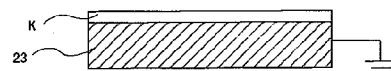
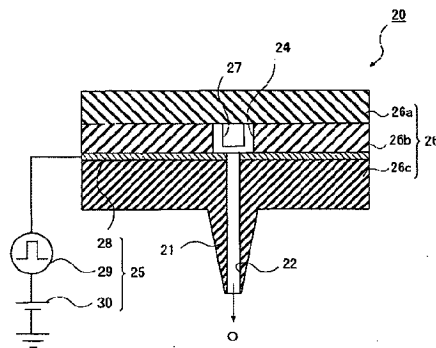
(57) 【要約】

【課題】 ノズルの小径化等によりコンダクタンスを低め、電圧によるインク吐出量の制御性を高める。

【解決手段】 本発明のインクジェット記録装置は、帯電したインクのインク滴の吐出を受ける受け面を有する基材Kにその先端部を対向させて配置されると共に当該先端部からインク滴を吐出する超微細径のノズル21と、ノズル21内にインクを供給するインク供給手段と、ノズル21内のインクに吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段25と、を備える。このインクジェット記録装置では、インク滴吐出流量の低減と吐出電圧の低下とを両れ、微小なインク滴の吐出を実行するための制御を容易に行うことができる。

【選択図】

図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

帯電したインクのインク滴の吐出を受ける受け面を有する基材にその先端部を対向させて配置されると共に当該先端部からインク滴を吐出するノズル径が $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下のノズルと

、前記ノズル内にインクを供給するインク供給手段と、

前記ノズル内のインクに吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段と、

を備え、

前記ノズルから吐出されるインクは、水、水溶性有機溶媒及び水溶性染料又は顔料分散体を含むことを特徴とするインクジェット記録装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルから吐出されるインク滴が基材に着弾して形成されるドットのドット径は、 $0.1\sim 10\text{ }\mu\text{m}$ であることを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルから吐出されるインク滴の一滴当たりの滴量は、 $1\sim 400\text{ fl}$ であり、基材に対する一色当たりのインク付着量は、 $0.2\sim 5.6\text{ ml/m}^2$ であることを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルから吐出されるインク滴の一滴当たりの滴量は、 $1\sim 100\text{ fl}$ であり、基材に対する一色当たりのインク付着量は、 $0.2\sim 2.5\text{ ml/m}^2$ であることを特徴とするインクジェット記録装置。

20

【請求項 5】

請求項 1～4 のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

紫外線を照射する紫外線照射手段を備え、

前記ノズルから吐出されるインクは、前記紫外線照射手段から照射される紫外線を受けて重合する重合性化合物と前記重合性化合物の重合を開始させる重合開始剤とを含むことを特徴とするインクジェット記録装置。

30

【請求項 6】

請求項 1～5 のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルから吐出されるインクの粘度は、 $1\sim 100\text{ mPa}\cdot\text{s}$ であることを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項 7】

請求項 1～6 のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルから吐出されるインクの表面張力は、 $10\sim 70\text{ mN/m}$ であることを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項 8】

請求項 1～7 のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルから吐出されるインクの電気伝導度は、 $10^{-8}\sim 10^2\text{ mS/cm}$ であることを特徴とするインクジェット記録装置。

40

【請求項 9】

請求項 1～8 のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルのノズル径が $20\text{ }\mu\text{m}$ 未満であることを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルのノズル径が $8\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のインクジェット記録装置において、

50

前記ノズルのノズル径が $4\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするインクジェット記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はインクジェット記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

オフセット印刷、グラビア印刷、新聞印刷等の印刷技術とは異なり少量多品種の記録を行える等の利点を有することから、インクジェット技術による記録装置の開発は日々続けられている。インクジェット記録装置の代表的な記録方式は、一般に、インク滴を連続的に吐出し必要なインク滴の運動のみを電界で制御する連続方式と、印字に必要なときだけインク滴を吐出させるオンデマンド方式とに分類され、特に、オンデマンド方式のインクジェット記録装置は、構造が簡単であり容易に小型化を図れる等の理由から、汎用性の高いものとなっている。

【0003】

オンデマンド方式のインクジェット記録装置では、圧電素子の振動によりインク流路を変形させることによりインク滴を吐出させるピエゾ方式、インク流路内に発熱体を設け、その発熱体を発熱させて気泡を発生させ、気泡によるインク流路内の圧力変化に応じてインク滴を吐出させるサーマル方式、インク流路内のインクを帯電させてインクの静電吸引力によりインク滴を吐出させる静電吸引方式が知られている。

【0004】

【特許文献1】

特開平8-238774号公報

【特許文献2】

特開2000-127410号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記静電吸引方式のインクジェット記録装置は、インク滴を吐出するノズルの径よりも小さなインク滴を吐出できることを特徴とするものであるが、実際に微細なインク滴を吐出しようとした場合、吐出開始電圧付近で著しく精密な電圧制御が要求され、実用上電圧を制御するのは不可能であった。

【0006】

また、上記各方式のインクジェット記録装置には、以下の問題があった。

(1) 微小インク滴形成の安定性

ノズル径が大きいと、ノズルから吐出されるインク滴の形状が安定しない。(2) 微小インク滴の着弾精度の不足

ノズルから吐出したインク滴に付与される運動エネルギーは、インク滴半径の3乗に比例して小さくなる。このため、微小インク滴は空気抵抗に耐えるほどの十分な運動エネルギーを確保できず、空気対流などによる擾乱を受け、正確な着弾が期待出来ない。さらに、インク滴が微細になるほど、表面張力の効果が増すために、インク滴の蒸気圧が高くなり蒸発量が激しくなる。このため微細インク滴は、飛翔中の著しい質量の消失を招き、着弾時にインク滴の形態を保つことすら難しいという事情があった。

【0007】

以上のようにインク滴の微細化と高精度化は、相反する課題であり、両方を同時に実現することは困難であった。

この着弾位置精度の悪さは、印字画質を低下させるのみならず、例えばインクジェット技術により導電性インクを用いて回路の配線パターンを描画する際などには特に大きな問題となる。すなわち、位置精度の悪さは所望の太さの配線が描画出来ないばかりか、断線やショートを生ずることさえあり得る。

(3) 高印加電圧

従来の静電吸引方式の原理では、メニスカスの中心に電荷を集中させてメニスカスの隆起を発生する。この隆起したテーラーコーン先端部の曲率半径は、電荷の集中量により定まり、集中した電荷量と電界強度による静電力がそのときのメニスカスの表面張力より勝った時にインク滴の分離が始まる。

メニスカスの最大電荷量は、インクの物性値とメニスカス曲率半径により定まるため、最小のインク滴のサイズはインクの物性値（特に表面張力）とメニスカス部に形成される電界強度により定まる。

【0008】

一般的に、インクの表面張力は純粋な溶媒よりも溶剤を含んだ方が表面張力は低くなる傾向があり、実際のインクにおいても種々の溶剤を含んでいるため、表面張力を高くすることは難しい。このため、インクの表面張力を一定と考え、電界強度を高くすることによりインク滴サイズを小さくする方法が採られていた。

従って、上記の特許文献1、2に開示されたインクジェット記録装置では、両者とも吐出原理として、吐出インク滴の投影面積よりもはるかに広い面積のメニスカス領域に強い電界強度のフィールドを形成することにより該メニスカスの中心に電荷を集中させ、該集中した電荷と形成している電界強度からなる静電力により吐出を行うため、2000[V]に近い非常に高い電圧を印加する必要がある、駆動制御が難しいと共に、インクジェット記録装置を操作するうえでの安全性の面からも問題があった。

【0009】

(4) 吐出応答性

上記の特許文献1、2に開示されたインクジェット記録装置では、両者とも吐出原理として、吐出インク滴の投影面積よりもはるかに広い面積のメニスカス領域に強い電界強度のフィールドを形成することにより該メニスカスの中心に電荷を集中させ、該集中した電荷と形成している電界強度からなる静電力により吐出を行うため、メニスカス部の中心に電荷が移動するための電荷の移動時間が吐出応答性に影響し、印字速度の向上において問題となっていた。

【0010】

本発明の課題は、ノズルの小径化等によりコンダクタンスを低め、電圧によるインク吐出量の制御性を高めることができる静電吸引方式のインクジェット記録装置を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明のインクジェット記録装置は、帯電したインクのインク滴の吐出を受ける受け面を有する基材にその先端部を対向させて配置されると共に当該先端部からインク滴を吐出するノズル径が30 μ m以下のノズルと

、前記ノズル内にインクを供給するインク供給手段と、

前記ノズル内のインクに吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段と、

を備え、

前記ノズルから吐出されるインクは、水、水溶性有機溶媒及び水溶性染料又は顔料分散体を含むことを特徴とする。

【0012】

なお、上記構成及び以下に記載する「基材」とは、ノズルから吐出されたインク滴の着弾を受ける対象物（記録媒体）をいう。従って、例えば、用紙に所望の画像を記録する場合には、当該用紙が基材に相当する。

【0013】

請求項1に記載の構成にあつては、ノズルの先端部にインク滴の受け面が対向するように、ノズル又は基材が配置される。これら相互の位置関係を実現するための配置作業は、ノズルの移動又は基材の移動のいずれにより行ってもよい。

そして、インク供給手段によりノズル内にインクが供給される。ノズル内のインクは吐出

10

20

30

40

50

を行うために帯電した状態にあることが要求される。インクの帯電は、吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段により、吐出されない範囲での電圧印加により行ってもよい、帯電専用の電極を設けてもよい。

【0014】

請求項1に記載の構成にあつては、ノズルを従来にない超微細径とすることでノズル先端部に電界を集中させて電界強度を高めることに特徴がある。ノズルの小径化に関しては後の記載により詳述する。かかる場合、ノズルの先端部に対向する対向電極がなくともインク滴の吐出を行うことが可能である。例えば、対向電極が存在しない状態で、ノズル先端部に対向させて基材を配置した場合、当該基材が導体である場合には、基材の受け面を規10準としてノズル先端部の面对称となる位置に逆極性の鏡像電荷が誘導され、基材が絶縁性である場合には、基材の受け面を規準として基材の誘電率により定まる対称位置に逆極性の映像電荷が誘導される。そして、ノズル先端部に誘起される電荷と鏡像電荷又は映像電荷間での静電力によりインク滴の飛翔が行われる。

【0015】

但し、請求項1に記載の構成は、対向電極を不要とすることを可能とするが、対向電極を併用しても構わない。対向電極を併用することで、ノズル-対向電極間での電界による静電力を飛翔電極の誘導のために併用することも可能となるし、対向電極を接地すれば、帯電したインク滴の電荷を対向電極を介して逃がすことができ、電荷の蓄積を低減する効果も得られるので、むしろ併用することが望ましい構成といえる。

【0016】

さらに、請求項1に記載の構成では、ノズルから吐出されるインクは、水、水溶性有機溶媒及び水溶性染料又は顔料分散体を含むものである。インクの色材としては、顔料分散体及び水溶性染料の両方が適用可能である。ここで、色材として顔料分散体を適用した場合に、顔料に対してはインク中で十分に分散することが要求されるため、色材として水溶性染料を適用するのが好ましい。

【0017】

請求項1に記載の発明を引用する引用発明として、請求項1に記載の発明と同様の構成を備えると共に、吐出電圧を一定とし、その動作周波数を、

$$f = \sigma / 2 \pi \epsilon$$

で表される境界値 f よりも大きな値と小さな値とを切り替えることで吐出と停止とを切り替える動作制御を行う周波数制御手段を備える、という構成を採ってもよい。ただし、 σ : 溶液の導電率、 ϵ : 溶液の比誘電率とする。

【0018】

上記構成では、請求項1に記載の発明と同様の動作が行われると共に、ノズル内のインクに対して、インク滴の吐出が可能な電位の吐出電圧を連続的に印加すると共に、その周波数の変動により吐出動作のオンオフの制御を行う。即ち、境界値 $f = \sigma / 2 \pi \epsilon$ は、インクの導電率及び比誘電率に基づく帯電速度に応じて決定される臨界周波数であつて、これ以上の周波数で吐出電圧が印加された場合、例えば電位が適正範囲であつても、インク滴の吐出は行われない。従つて、ノズル内のインクに、吐出可能な電位の吐出電圧を連続的に印加し続けると共に、吐出を行わないときには、その周波数を境界値 f よりも大きい状態40に維持し、吐出を行う際には境界値 f よりも小さい状態に切り替えることでインク滴の吐出を行うことができる。

【0019】

また、吐出電圧の周波数を切り替えることでインク滴吐出のオンオフを制御する場合、吐出電圧の印加のオンオフによりインク滴吐出のオンオフを切り替える場合や吐出電圧の電位の高低によりインク滴吐出のオンオフを切り替える場合よりも時間応答性に優れており、再吐出の際の応答性の向上を図ることができる。

【0020】

請求項1に記載の発明を引用する引用発明として、請求項1に記載の発明と同様の構成を備えると共に、少なくともノズルの流路の内側面を絶縁化すると共に、流路内のインクの50

周囲であって絶縁化した部分よりも外側に流動供給用電極を設ける、という構成を採ってもよい。

【0021】

上記構成において、「絶縁化した部分よりも外側に流動供給用電極を設ける」とは、ノズルの内側に絶縁膜を介して流動供給用電極を設ける場合も、ノズル全体を絶縁素材で形成すると共にノズルの外側に流動供給用電極を設ける場合も含むことを意味するものである。

【0022】

一般に、管路の内面を絶縁すると共に当該絶縁部を介して設けた電極と、管路の内側のインクに電圧を印加する電極とにより相互間に電位差を設けて各電極に電圧を印加すると、絶縁された管路の内面に対するインクのぬれ性が向上するという、いわゆるエレクトロウェット現象の効果を得ることができる。

10

上記発明の構成にあつては、ノズルの内側面を絶縁化した部分の外側に設けられた流動供給用電極による印加電圧と吐出電圧印加手段による印加電圧とに電位差を設けることで、エレクトロウェット効果によりノズル内のぬれ性の向上を図ることができ、エレクトロウェット効果によるノズル内へのインク供給の円滑化を図ることができる。

【0023】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のインクジェット記録装置において、前記ノズルから吐出されるインク滴が基材に着弾して形成されるドットのドット径は、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ であることを特徴としており、ドット径が $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ であればさらに好ましい。

20

【0024】

請求項2に記載の発明では、ノズルから吐出されるインク滴が基材に着弾して形成されるドットのドット径が、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ であるから、基材上に形成される各ドットは超微細なものとなる。この場合、インクが基材に滲んだり、基材に着弾したインクが十分に乾燥しきれなかったり、所謂「波打ち現象」により基材がコックリングしたりすることが無く、超微細なドットによる高精細な画像を基材に記録することができる。

【0025】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載のインクジェット記録装置において、前記ノズルから吐出されるインク滴の一滴当たりの滴量は、 $1 \sim 400 \text{ fl}$ であり、基材に対する一色当たりのインク付着量は、 $0.2 \sim 5.6 \text{ ml/m}^2$ であることを特徴とする。

30

【0026】

請求項4に記載の発明は、請求項1～3のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、前記ノズルから吐出されるインク滴の一滴当たりの滴量は、 $1 \sim 100 \text{ fl}$ であり、基材に対する一色当たりのインク付着量は、 $0.2 \sim 2.5 \text{ ml/m}^2$ であることを特徴とする。

【0027】

請求項5に記載の発明は、請求項1～4のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、紫外線を照射する紫外線照射手段を備え、前記ノズルから吐出されるインクは、前記紫外線照射手段から照射される紫外線を受けて重合する重合性化合物と前記重合性化合物の重合を開始させる重合開始剤とを含むことを特徴とする。

40

【0028】

請求項6に記載の発明は、請求項1～5のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、前記ノズルから吐出されるインクの粘度は、 $1 \sim 100 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ であることを特徴とする。

50

【0029】

請求項7に記載の発明は、請求項1～6のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルから吐出されるインクの表面張力は、 $10 \sim 70 \text{ mN/m}$ であることを特徴とする。

【0030】

請求項8に記載の発明は、請求項1～7のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルから吐出されるインクの電気伝導度は、 $10^{-8} \sim 10^2 \text{ mS/cm}$ であることを特徴とする。

10

【0031】

請求項9に記載の発明は、請求項1～8のいずれか一項に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルのノズル径が $20 \mu\text{m}$ 未満であることを特徴とする。

【0032】

請求項10に記載の発明は、請求項9に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルのノズル径が $8 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0033】

請求項11に記載の発明は、請求項10に記載のインクジェット記録装置において、

前記ノズルのノズル径が $4 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

20

【0034】

本発明において、「ノズル径」とは、ノズルの先端部の内部直径をいう。

ノズル径を $20 [\mu\text{m}]$ 未満とすることにより、電界強度分布が狭くなる。このことにより、電界を集中させることができる。その結果、形成されるインク滴を微小で且つ形状の安定化したものとすることができると共に、総印加電圧を低減することができる。また、インク滴は、ノズルから吐出された直後、電界と電荷の間に働く静電力により加速されるが、ノズルから離れると電界は急激に低下するので、その後は、空気抵抗により減速する。しかしながら、微小インク滴でかつ電界が集中したインク滴は、対向電極に近づくにつれ、鏡像力により加速される。この空気抵抗による減速と鏡像力による加速とのバランスをとることにより、微小インク滴を安定に飛翔させ、着弾精度を向上させることが可能となる。

30

【0035】

また、ノズルの内部直径は、 $8 [\mu\text{m}]$ 以下であることが好ましい。ノズルの内部直径を $8 [\mu\text{m}]$ 以下とすることにより、さらに電界を集中させることが可能となり、さらなるインク滴の微小化と、飛翔時に対向電極の距離の変動が電界強度分布に影響することを低減させることができるので、対向電極の位置精度や基材の特性や厚さのインク滴形状への影響や着弾精度への影響を低減することができる。

【0036】

さらに、ノズルの内部直径を $4 [\mu\text{m}]$ 以下とすることにより、顕著な電界の集中を図ることができ、最大電界強度を高くすることができ、形状の安定なインク滴の超微小化と、インク滴の初期吐出速度を大きくすることができる。これにより、飛翔安定性が向上することにより、着弾精度をさらに向上させ、吐出応答性を向上することができる。

40

【0037】

また、ノズルの内部直径は $0.2 [\mu\text{m}]$ より大きい方が望ましい。ノズルの内径を $0.2 [\mu\text{m}]$ より大きくすることで、インク滴の帯電効率を向上させることができるので、インク滴の吐出安定性を向上させることができる。

【0038】

さらに、上記各請求項及び請求項5に記載の発明を引用する引用発明の構成において、

(1) ノズルを電気絶縁材で形成し、ノズル内に電極を挿入あるいはメッキ形成することが好ましい。

50

(2) 上記各請求項の構成又は上記(1)の構成において、ノズルを電気絶縁材で形成し、ノズル内に電極を挿入或いはメッキ形成すると共にノズルの外側に電極を設けることが好ましい。

(1) 及び(2)により、上記各請求項による作用効果に加え、吐出力を向上させることができるので、ノズル径をさらに微小化しても、低電圧で液を吐出することができる。

(3) 上記各請求項の構成、上記(1)又は(2)の構成において、基材を導電性材料または絶縁性材料により形成することが好ましい。

(4) 上記各請求項の構成、上記(1)、(2)又は(3)の構成において、ノズルに印加する電圧Vを

【数1】

$$h\sqrt{\frac{\gamma\pi}{2\varepsilon_0 r}} > V > \sqrt{\frac{2\gamma k}{\varepsilon_0}} r \quad (15)$$

で表される流域において駆動することが好ましい。

ただし、 γ ：液体の表面張力、 ε_0 ：真空の誘電率、 r ：ノズル半径、 h ：ノズル-基板間距離、 k ：ノズル形状に依存する比例定数($1.5 < k < 8.5$)とする。

(5) 上記各請求項の構成、上記(1)、(2)、(3)又は(4)の構成において、印加する任意波形電圧が1000V以下であることが好ましい。

(6) 上記各請求項の構成、上記(1)、(2)、(3)、(4)又は(5)の構成において、印加する任意波形電圧が500V以下であることが好ましい。

基材を導電性または絶縁性の基材ホルダーに載置することが好ましい。

(7) 上記各請求項の構成、上記(1)～(6)いずれかの構成において、ノズルと基板との距離が500[μ m]以下とすることが、ノズル径を微細にした場合でも高い着弾精度を得ることができるので好ましい。

(8) 上記各請求項の構成、上記(1)～(7)いずれかの構成において、ノズル内の溶液に圧力を印加するように構成することが好ましい。

(9) 上記各請求項の構成、上記(1)～(8)いずれかの構成において、単一パルスによって吐出する場合、

【数2】

$$\tau = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad (20)$$

により決まる時定数 τ 以上のパルス幅 Δt を印加する構成としても良い。ただし、 ε ：流体の誘電率、 σ ：導電率とする。

【0039】

【発明の実施の形態】

以下の実施形態で説明するインクジェット記録装置のノズル径(内部直径)は、30[μ m]以下であることが好ましく、さらに好ましくは20[μ m]未満、さらに好ましくは8[μ m]以下、さらに好ましくは4[μ m]以下とすることが好ましい。また、ノズル径は、0.2[μ m]より大きいことが好ましい。

(インクジェット記録装置の全体構成)

以下、インクジェット記録装置について図1に基づいて説明する。

図1はインクジェット記録装置の概略構成図であり、このインクジェット記録装置100は、所定の基材Kを支持するためのプラテン102と、このプラテン102の上方に配置された記録ヘッド20と、プラテン102の基材Kの搬送方向上流側および下流側に配置された搬送ローラ103a、103bと、これら各搬送ローラ103a、103bに圧接されて基材Kを搬送ローラ103a、103bとの間で挟持する圧接ローラ104a、104bと、プラテン102上に搬送された基材Kに紫外線を照射する紫外線照射手段40と、を備えている。

10

20

30

40

50

【0040】

(記録ヘッド及び記録ヘッドに係る部材の構成)

以下、記録ヘッド20及び記録ヘッド20に係る部材について図2及び図3に基づいて説明する。図2はノズル21に沿った記録ヘッド20及び記録ヘッド20に係る部材の断面図であり、図3はインクの吐出動作とインクに印加される電圧との関係を示す説明図であって、図3(A)は吐出を行わない状態であり、図3(B)は吐出状態を示す。

【0041】

図2に示す通り、記録ヘッド20には、帯電可能なインクのインク滴をその先端部から吐出する超微細径のノズル21が設けられている。ノズル21は、プラテン102に指向されている。記録ヘッド20のノズル21の下方には、対向電極23がノズル21に対向するように設けられている。対向電極23は、プラテン102に一体的に形成されており、ノズル21の先端部に対向する対向面を有すると共にその対向面でインク滴の着弾を受ける基材Kを支持する。また、記録ヘッド20には、ノズル21内の流路22にインクを供給するインク供給手段と、ノズル21内のインクに吐出電圧を印加する吐出電圧印加手段25とが、つながれている。

【0042】

なお、上記ノズル21とインク供給手段の一部の構成と吐出電圧印加手段25の一部の構成はノズルプレート26により一体的に形成されている。また、上記記録ヘッド20は、図示しない駆動機構により、基材Kの搬送方向(図1中左方向)に対して直交する方向に走査自在とされた走査型の記録ヘッドである。

【0043】

(ノズル)

上記ノズル21は、後述するノズルプレート26の下面層26cと共に一体的に形成されており、当該ノズルプレート26の平板面上から垂直に立設されている。さらに、ノズル21にはその先端部からその中心線に沿って貫通するノズル内流路22が形成されている。

【0044】

ノズル21についてさらに詳説する。ノズル21は、前述の通り、超微細径で形成されている。詳しくは、ノズル21の先端部における内径は、 $30\mu\text{m}$ 以下であるが、 $20\mu\text{m}$ 未満であってもよいし、 $8\mu\text{m}$ 以下であってもよいし、 $4\mu\text{m}$ 以下であってもよい。具体的な各部の寸法の一例を挙げると、ノズル内流路22の内部直径は、 $1[\mu\text{m}]$ 、ノズル21の先端部における外部直径は $2[\mu\text{m}]$ 、ノズル21の根元の直径は $5[\mu\text{m}]$ 、ノズル21の高さは $100[\mu\text{m}]$ に設定されており、その形状は限りなく円錐形に近い円錐台形に形成されている。また、ノズル21はその全体がノズルプレート26の下面層26cと共に絶縁性の樹脂材により形成されている。

【0045】

なお、ノズルの各寸法は上記一例に限定されるものではない。特にノズル内径については、後述する電界集中の効果によりインク滴の吐出を可能とする吐出電圧が $1000[\text{V}]$ 未満を実現する範囲であって、例えば、ノズル直径 $70[\mu\text{m}]$ 以下であり、より望ましくは、直径 $20[\mu\text{m}]$ 以下であって、現行のノズル形成技術によりインクを通す貫通穴を形成することが実現可能な範囲である直径をその下限値とする。

【0046】

(インク供給手段)

インク供給手段は、ノズルプレート26の内部であってノズル21の根元となる位置に設けられると共にノズル内流路22に連通するインク室24と、図示しない外部のインクタンクからインク室24にインクを導くインク供給路27と、インク室24へのインクの供給圧力を付与する図示しない供給ポンプとを備えている。

上記供給ポンプは、ノズル21の先端部までインクを供給し、当該先端部からこぼれ出さない範囲の供給圧力を維持しながら、記録ヘッド20に対してインクの供給を行う(図3(A)参照)。

10

20

30

40

50

【0047】

(吐出電圧印加手段)

吐出電圧印加手段25は、ノズルプレート26の内部であってインク室24とノズル内流路22との境界位置に設けられた吐出電圧印加用の吐出電極28と、この吐出電極28に常時直流のバイアス電圧を印加するバイアス電源30と、吐出電極28にバイアス電圧に重畳して吐出に要する電位とするパルス電圧を印加する吐出電圧電源29と、を備えている。

【0048】

上記吐出電極28は、インク室24内部においてインクに直接接触し、インクを帯電させると共に吐出電圧を印加する。

バイアス電源30によるバイアス電圧は、インクの吐出が行われぬ範囲で常時電圧印加を行うことにより、吐出時に印加すべき電圧の幅を予め低減し、これによる吐出時の反応性の向上を図っている。

【0049】

吐出電圧電源29は、インクの吐出を行う際にのみパルス電圧をバイアス電圧に重畳させて印加する。このときの重畳電圧Vは次式の条件を満たすようにパルス電圧の値が設定されている。

【数3】

$$V > \sqrt{\frac{2\gamma kr}{\epsilon_0}} \quad (25)$$

但し、 γ ：インクの表面張力、 ϵ_0 ：真空の誘電率、 r ：ノズル半径、 k ：ノズル形状に依存する比例定数（ $1.5 < k < 8.5$ ）とする。

一例を挙げると、バイアス電圧はDC300[V]で印加され、パルス電圧は100[V]で印加される。従って、吐出の際の重畳電圧は400[V]となる。

【0050】

(ノズルプレート)

ノズルプレート26は、図2において最も上層に位置するベース層26aと、その下に位置するインクの供給路を形成する流路層26bと、この流路層26bのさらに下に形成される下面層26cとを備え、流路層26bと上面層26cとの間には前述した吐出電極28が介挿されている。

【0051】

上記ベース層26aは、シリコン基板或いは絶縁性の高い樹脂又はセラミックにより形成され、その上に溶解可能な樹脂層を形成すると共に供給路27及びインク室24のパターンに従う部分のみを残して除去し、除去された部分に絶縁樹脂層を形成する。この絶縁樹脂層が流路層26bとなる。そして、この絶縁樹脂層の下面に導電素材（例えばNiP）のメッキにより吐出電極28を形成し、さらにその下から絶縁性のレジスト樹脂層を形成する。このレジスト樹脂層が下面層26cとなるので、この樹脂層はノズル21の高さを考慮した厚みで形成される。そして、この絶縁性のレジスト樹脂層を電子ビーム法やフェムト秒レーザにより露光し、ノズル形状を形成する。ノズル内流路22もレーザ加工により形成される。そして、供給路27及びインク室24のパターンに従う溶解可能な樹脂層を除去し、これら供給路27及びインク室24が開通してノズルプレートが完成する。

【0052】

(対向電極)

対向電極23は、ノズル21に垂直な対向面を備えており、かかる対向面に沿うように基材Kの支持を行う。ノズル21の先端部から対向電極23の対向面までの距離は、一例としては100[μ m]に設定される。

また、この対向電極23は接地されているため、常時接地電位を維持している。従って、パルス電圧の印加時にはノズル21の先端部と対向面との間に生じる電界による静電力に

10

20

30

40

50

より吐出されたインク滴を対向電極 23 側に誘導する。

【0053】

なお、記録ヘッド 20 は、ノズル 21 の超微細化による当該ノズル 21 の先端部での電界集中により電界強度を高めることでインク滴の吐出を行うことから、対向電極 23 による誘導がなくともインク滴の吐出を行うことは可能ではあるが、ノズル 21 と対向電極 23 との間での静電力による誘導が行われた方が望ましい。また、帯電したインク滴の電荷を対向電極 23 の接地により逃がすことも可能である。

【0054】

(紫外線照射手段)

紫外線照射手段 40 は、プラテン 102 の直上の位置でかつ基材 K の搬送方向の記録ヘッド 20 よりも下流側に配置されている。この紫外線照射手段 40 は、記録ヘッド 20 から吐出されて基材 K に着弾した各インク滴に紫外線を照射し、これら各インク滴を硬化させる。紫外線照射手段 40 の「光源」としては、低圧水銀ランプ、紫外線レーザー、キセノンフラッシュランプ、捕虫灯、ブラックライト、殺菌灯、冷陰極管、LED (Light Emitting Diode)、LED 高圧水銀ランプ、メタルハライドランプ、エキシマーランプ、無電極紫外線ランプ等が適用可能であり、これら以外の光源が適用されてもよい。

【0055】

(インク)

インクは、水、水溶性有機溶媒及び水溶性染料又は顔料分散体を含むものである。さらに、このインクにおいては、粘度が $1 \sim 100 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ であり、表面張力が $10 \sim 70 \text{ mN/m}$ であり、電気伝導度が $10^{-8} \sim 10^2 \text{ mS/cm}$ である。

【0056】

上記水溶性有機溶媒としては、γブチロラクトン、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド等のアミド類、ジアセトンアルコール等のケトアルコール類、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール等のポリアルキレングリコール類、エチレングリコール、プロピレングリコール、ブチレングリコール、トリエチレングリコール、1, 2, 6ヘキサントリオール、1, 2, 4ブタントリオール、1, 2, 5ペンタントリオール、グリセリン、トリメチロールプロパン、ペンタエリスリトール、チオジグリコール、ヘキシレングリコール、ジエチレングリコール等のアルキレン基が 2～6 個の炭素原子を含むアルキレングリコール類、エチレングリコールモノメチル (又はエチル) エーテル、トリエチレングリコールモノメチル (又はエチル) エーテル等の多価アルコールの低級アルキルエーテル類、トリエチレングリコールジメチル (又はジエチル) エーテル、テトラエチレングリコールジメチル (又はジエチル) エーテル等の多価アルコールの低級ジアルキルエーテル類、スルホラン、N-メチルピロリドン及び 1, 3-ジメチル-2-イミダゾリジノン等が適用可能である。

【0057】

上記水溶性染料としては、特開昭 59-93765 号、同 59-174664 号、同 59-56466 号および同 59-78273 号等に記載されているような染料種、すなわち、アゾ、アントラキノン、フルオラン、オキサジン、ジオキサジン、フタロシアニン等が適用可能である。これら水溶性染料は、特開昭 61-113668 号及び同 61-113669 号等に記載されているような手段を用いて、インクジェットインク用に精製された純度の高いものであることが必要である。インク中に占める水溶性染料の濃度は、1～60 wt% (重量%) であり、好ましくは 5～50 wt% であり、さらに好ましくは 10～50 wt% である。

【0058】

上記顔料分散体としては、アゾ系、フタロシアニン系、キナクリドン系、アントラキノン系、ジオキサジン系、インジゴ、チオインジゴ系、ペリノン、ペリレン系、イソインドリノン系、アゾメチンアゾ系及びカーボンブラック等の分散体が適用可能である。インク中に占める顔料分散体の濃度は、1～60 wt% であり、好ましくは 2～50 wt% であり

10

20

30

40

50

、さらに好ましくは10～50wt%である。

【0059】

さらに、上記インクは、水、水溶性有機溶媒及び水溶性染料又は顔料分散体以外に、紫外線の被照射により重合する重合性化合物及び各重合化合物同士の重合反応を開始させる重合開始剤が含まれるものでもよい。上記重合性化合物としては、ラジカル重合性のアクリルモノマー類とカチオン重合性のエポキシモノマー類とが適用可能である。

【0060】

上記ラジカル重合性のアクリルモノマー類としては、N，N－ジメチルアミノエチルメタクリレート、N，N－ジメチルアミノエチルアクリレート、N，N－ジメチルアミノプロピルメタクリレート、N，N－ジメチルアミノプロピルアクリレート、N，N－ジメチルアミノアクリルアミド、N，N－ジメチルアミノメタアクリルアミド、N，N－ジメチルアミノエチルアクリルアミド、N，N－ジメチルアミノエチルメタアクリルアミド、N，N－ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、N，N－ジメチルアミノプロピルメタアクリルアミド及びこれら化合物の4級化された物質等が適用可能である。また、ラジカル重合性のアクリルモノマー類としては、多価アルコールの（メタ）アクリル酸エステル、多価アルコールのグリシジルエーテルの（メタ）アクリル酸エステル、ポリエチレングリコールの（メタ）アクリル酸エステル、多価アルコールのエチレンオキシド付加化合物の（メタ）アクリル酸エステル、多塩基酸無水物と水酸基含有（メタ）アクリル酸エステルとの反応物等の化合物であって、それ自体公知の紫外線硬化型モノマー、オリゴマーも適用可能である。

【0061】

上記カチオン重合性のエポキシモノマー類としては、多価アルコールのグリシジルエーテル、グリシジルエステル、脂肪族環状のエポキシド等が適用可能である。

【0062】

上記重合開始剤としては、アセトフェノン、2，2－ジエトキシアセトフェノン、p－ジメチルアミノアセトフェン、p－ジメチルアミノプロピオフェノン、ベンゾフェノン、2－クロロベンゾフェノン、pp’－ジクロロベンゾフェン、pp’－ビスジエチルアミノベンゾフェノン、ミヒラーケトン、ベンジル、ベンゾイン、ベンゾインメチルエーテル、ベンゾインエチルエーテル、ベンゾインイソプロピルエーテル、ベンゾインn－プロピルエーテル、ベンゾインイソブチルエーテル、ベンゾインn－ブチルエーテル、ベンジルジメチルケタール、テトラメチルチウラムモノサルファイド、チオキサントン、2－クロロチオキサントン、2－メチルチオキサントン、アゾビスイソブチロニトリル、ベンゾインパーオキシライド、ジ－tert－ブチルパーオキシライド、1－ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン、2－ヒドロキシ－2－メチル－1－フェニル－1－オン、1－（4－イソプロピルフェニル）－2－ヒドロキシ－2－メチルプロパン－1－オン、メチルベンゾイルフォーマート等が適用可能である。

【0063】

重合性化合物としてカチオン重合性の化合物が適用された場合には、重合開始剤として芳香族ジアゾニウム塩、芳香族ハロニウム塩、芳香族スルホニウム塩、メタロセン化合物等を適用するのが好ましく、具体的には、トリフェニルスルフォニウムヘキサフルオロ

【0064】

なお、本実施形態に係るインクは、上記した通り、水、水溶性有機溶媒及び水溶性染料又は顔料分散体を含むものであり、さらに重合性化合物及び重合開始剤を含むものである。従って、本実施形態に係るインクは、紫外線の照射を受けると、各重合性化合物同士が重合して硬化する性質を具備する。

【0065】

（基材）

基材Kとしては、アート紙、コート紙、上質紙等の各種紙、各種布地、各種不織布が適用

可能であって、さらに樹脂、金属、ガラス等の材質からなるものも適用可能である。基材Kの形態としては、ロール状、カットシート状、板状等のように記録面が二次元的に広がり、有していてもよいし、さらに円筒状、円錐状、多角状等のように記録面が二次元的に広がりを有していてもよい。

【0066】

(インクジェット記録装置による画像記録動作)

次に、図1によりインクジェット記録装置100の動作説明を行う。

まず、搬送ローラ103aを回転駆動させることにより、所定の基材Kを搬送ローラ103aと圧接ローラ104aとにより挟持しながらプラテン102に搬送する。

そして、基材Kをプラテン102により支持した状態で搬送ローラ103aと圧接ローラ104aとにより基材Kを間欠的に搬送するとともに、基材Kの搬送方向に直交する方向に走査型の記録ヘッド20を走査しながら記録ヘッド20のノズル21からインク滴を吐出させ、基材Kに所望の画像を記録する。その後、基材Kに着弾した各インク滴に紫外線照射手段40から紫外線を照射し、各インク滴を硬化させる。画像記録後の基材Kは、搬送ローラ103bと圧接ローラ104bとにより挟持されてプラテン102から取り除かれる。

【0067】

(記録ヘッドによる微小インク滴の吐出動作)

図2及び図3により記録ヘッド20の動作説明を行う。

インク供給手段の供給ポンプによりノズル内流路22にはインクが供給された状態にあり、かかる状態でバイアス電源30により吐出電極28を介してバイアス電圧がインクに印加されている。かかる状態で、インクは帯電すると共に、ノズル21の先端部においてインクによる凹状に窪んだメニスカスが形成される(図3(A))。

そして、吐出電圧電源29によりパルス電圧が印加されると、ノズル21の先端部では集中された電界の電界強度による静電力によりインクがノズル21の先端側に誘導され、外部に突出した凸状メニスカスが形成されると共に、かかる凸状メニスカスの頂点により電界が集中し、ついにはインクの表面張力に抗して微小インク滴が対向電極28側に吐出される(図3(B))。

【0068】

この場合、ノズル21からは、一滴当たり1～400f1の滴量のインク滴が吐出され、また、ノズル21から吐出されて基材Kに着弾したインク滴の一滴当たりのインク付着量は、0.2～5.6ml/m²となっている。さらに、基材Kにインクが着弾して形成された各ドットのドット径は、0.1～10μmとなっている。

【0069】

以上のようなインクジェット記録装置100では、記録ヘッド20は、微小径のノズル21によりインク滴の吐出を行うので、ノズル内流路22内で帯電した状態のインクにより電界が集中され、電界強度が高められる。このため、電界の集中化が行われない構造のノズル(例えば内径100[μm])では吐出に要する電圧が高くなり過ぎて事実上吐出不可能とされていた微細径でのノズルによるインクの吐出をより低電圧で行うことが出来るようになっている。

【0070】

また、インクジェット記録装置100では、微細径であるがために、ノズルコンダクタンスの低さによりその単位時間あたりの吐出流量を低減する制御を容易に行うことができると共に、パルス幅を狭めることなく十分に小さなインク滴(一滴当たり1～400f1の滴量のインク滴)によるインクの吐出を実現している。

【0071】

さらに、吐出されるインク滴は帯電されているので、微小のインク滴であっても蒸気圧が低減され、蒸発を抑制することからインク滴の質量の損失を低減し、飛翔の安定化を図り、インク滴の着弾精度の低下を防止している。

【0072】

10

20

30

40

50

そして、これらのことより、上記の通りに、ノズル 21 から吐出されるインク滴の一滴当たりの滴量を 1 ～ 400 f l とすることができ、また、ノズル 21 から吐出されて基材 K に着弾したインク滴の一色当たりの付着量を 0.2 ～ 5.6 m l / m² に抑えることができるので、基材 K に付着したインク滴の各ドット径を 0.1 ～ 10 μ m にすることができる。従って、基材 K へのインクの滲み、インク自体の乾燥不良、基材 K に付着したインクによる基材 K のコックリング等の弊害を抑制でき、ひいては複数の超微細なドットによる高精細な画像を基材 K に対して記録することができる。

【0073】

なお、上記実施形態において、ノズル 21 にエレクトロウェットニング効果を得るために、ノズル 21 の外周に電極を設けるか、また或いは、ノズル内流路 22 の内面に電極を設け、その上から絶縁膜で被覆してもよい。そして、この電極に電圧を印加することで、吐出電極 28 により電圧が印加されているインクに対して、エレクトロウェットニング効果によりノズル内流路 22 の内面のぬれ性を高めることができ、ノズル内流路 22 へのインクの供給を円滑に行うことができ、良好に吐出を行うと共に、吐出の応答性の向上を図ることが可能となる。

【0074】

また、上記実施形態では、吐出電圧印加手段 25 ではバイアス電圧を常時印加すると共にパルス電圧をトリガーとしてインク滴の吐出を行っているが、吐出に要する振幅で常時交流又は連続する矩形波を印加すると共にその周波数の高低を切り替えることで吐出を行う構成としてもよい。インク滴の吐出を行うためにはインクの帯電が必須であり、インクの帯電する速度を上回る周波数で吐出電圧を印加していても吐出が行われず、インクの帯電が十分に図れる周波数に替えると吐出が行われる。従って、吐出を行わないときには吐出可能な周波数より大きな周波数で吐出電圧を印加し、吐出を行う場合にのみ吐出可能な周波数帯域まで周波数を低減させる制御を行うことで、インクの吐出を制御することが可能となる。かかる場合、インクに印加される電位自体に変化はないので、より時間応答性を向上させると共に、これによりインク滴の着弾精度を向上させることが可能となる。

【0075】

【実施例】

以下に示す各インク A ～ E を作製した。

なお、以下に示す各 (i) インク A ～ (v) インク E においては、組成物とその組成物の各インク A ～ E に占める組成比 (重量比) とが示されている。

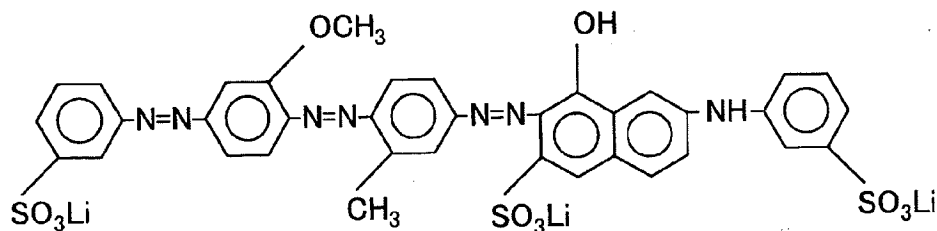
【0076】

(i) インク A

水溶性黒色染料 (化学式 1 参照) : 5 又は 20 (表 1 参照), グリセリン : 10, エチレングリコール : 10, 水 : 75 又は 60

【0077】

【化 1】



【表 1】

インク	水溶性黒色染料の組成比
A-①	5
A-②	20

(ii) インク B

カーボンブラック分散体（固形分 20 %）：20 又は 60（表 2 参照），ジエチレングリ
コール：10，Nメチルピロリドン：5，水：65 又は 25

【0078】

【表 2】

インク	水溶性黒色染料の組成比
B-①	20
B-②	60

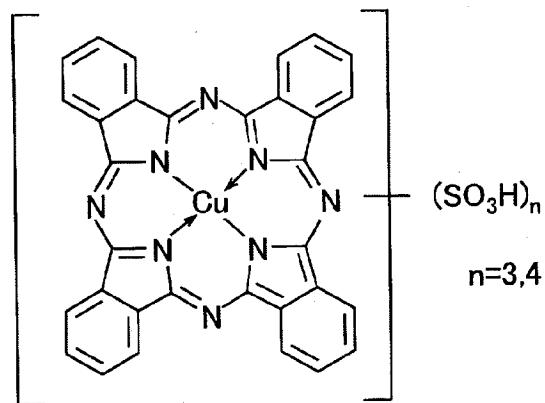
20

(iii) インク C

フタロシアニン系染料（化学式 2 参照）：10，グリセリン：5，尿素：2，紫外線重合
モノマー（NKエステル A-400、新中村化学（株）製）：30，モノマー（ジペンタ
エリスリトールポリアクリレート、A-9530、新中村化学（株）製）：5，光重合開
始剤（イルガキュア 1700、チバスペシャルティケミカルズ（株）製）：2，水：46

【0079】

【化 2】



30

40

(iv) インク D

水性酸化チタン分散体（固形分 30 %）：50，紫外線重合モノマー（LR8765、B
ASF）：30，モノマー（ β -メタクリロイルオキシエチルヒドロジェンフタレート
、CB-1、新中村化学（株）製）：5，光重合開始剤（イルガキュア 1700、チバス
ペシャルティケミカルズ（株）製）：2，ジエチレングリコール：5，水：8

【0080】

(v) インク E

50

上記各インク A～D に硫酸リチウムを適量添加して、表 3 に示す電気伝導度を有するインク E (E-▲1▼～E-▲5▼) を作製した。

【0081】

【表 3】

インク	硫酸リチウムを添加したインク	電気伝導度 (mS/cm)
E-①	インク A-①	30
E-②	インク B-①	0.1
E-③	インク B-①	100
E-④	インク C	10
E-⑤	インク D	5

10

そして、上記各 (i) インク A～(v) インク E を用いて上記インクジェット記録装置 20 により、所定の画像 (各インク滴の一相当たりの滴量: 10 fl, 解像度: 5000 dpi) をアート紙に記録した。この場合、アート紙の記録領域のうち、各画素が全てインク滴により埋め尽くされた所定領域の一色当たりのインク付着量は 2.5 ml/m^2 であった。また、この場合の各 (i) インク A～(v) インク E から形成されるアート紙上のドット径を表 4 に示した。

20

【0082】

【表 4】

インク	ドット径 (μm)
A-①	4
A-②	6
B-①	3
B-②	4
C	1
D	2
E-①	3
E-②	5
E-③	2
E-④	0.5
E-⑤	1.5

30

表 4 に示す通り、上記各 (i) インク A～(v) インク E のいずれのインクにおいても、各インク A～E からなるドット径は、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の範囲内に存することが分かった。この場合、アート紙へのインクの滲み及びアート紙のコックリングは非常に軽微なものであり、アート紙に付着したインクの各インク滴は、ドライヤーによる乾燥によりアート紙に素早く定着した。

40

【0083】

なお、インク C 及びインク D を用いた記録では、アート紙に着弾した後の各インク滴に対して、メタルハライドタイプの紫外線ランプから 365 nm の紫外線を 0.1 秒間照射した。

【0084】

50

(印加電圧低下および微量インク滴量の安定吐出実現の方策)
 本発明では、静電吸引型インクジェット方式において果たすノズルの役割を再考察し、
 【数 4】

$$r < \frac{\lambda_c}{4} \quad (5)$$

即ち、

【数 5】

$$r < \frac{\pi \gamma h^2}{2 \epsilon_0 V^2} \quad (6)$$

10

或いは

【数 6】

$$V < \sqrt{\frac{\pi \gamma}{2 \epsilon_0 r}} \cdot h \quad (7)$$

という従来吐出不可能として試みられていなかった領域において、マクスウェル力などを 20
 利用することで、微細インク滴を形成することができる。

【0085】

このような駆動電圧低下および微量吐出実現の方策のための吐出条件等を近似的に表す
 式を導出したので以下に述べる。

以下の説明は、上記各本発明の実施形態で説明したインクジェット記録装置に適用可能で
 ある。

いま、半径 r のノズルに導電性溶液を注入し、基材としての無限平板導体から h の高さに
 垂直に位置させたと仮定する。この様子を図 4 に示す。このとき、ノズル先端部に誘起さ
 れる電荷は、ノズル先端の半球部に集中すると仮定し、以下の式で近似的に表される。

【数 7】

$$Q = 4\pi \epsilon_0 \alpha r V \quad (8)$$

30

ここで、 Q ：ノズル先端部に誘起される電荷、 ϵ_0 ：真空の誘電率、 ϵ ：基板の誘電率、
 h ：ノズルー基板間距離、 r ：ノズル内径の半径、 V ：ノズルに印加する電圧である。 α
 ：ノズル形状などに依存する比例定数で、 $1 \sim 1.5$ 程度の値を取り、特に $r \ll h$ のと
 きほぼ 1 程度となる。

【0086】

また、基材としての基板が導体基板の場合、基板内の対称位置に反対の符号を持つ鏡像電
 荷 Q' が誘導されると考えられる。基板が絶縁体の場合は、誘電率によって定まる対称位 40
 置に同様に反対符号の映像電荷 Q' が誘導される。

ところで、ノズル先端部に於ける電界強度 E_1 は、先端部の曲率半径を R と仮定す
 ると、

【数 8】

$$E_{loc.} = \frac{V}{kR} \quad (9)$$

で与えられる。ここで k ：比例定数で、ノズル形状などにより異なるが、 $1.5 \sim 8.5$
 程度の値をとり、多くの場合 5 程度と考えられる。(P. J. Birdseye a 50

and D. A. Smith, Surface Science, 23 (1970) 198-210)。今簡単のため、 $r=R$ とする。これは、ノズル先端部に表面張力で導電性溶液がノズル径 r と同じ半径を持つ半球形状に盛り上がり、上がついている状態に相当する。ノズル先端の液体に働く圧力のバランスを考える。まず、静電的な圧力は、ノズル先端部の液面積を S とすると、

【数 9】

$$p_e = \frac{Q}{S} E_{loc.} \approx \frac{Q}{4\pi r^2 / 2} E_{loc.} \quad (10)$$

10

(8)、(9)、(10) 式より $\alpha=1$ とおいて、

【数 10】

$$p_e = \frac{2\varepsilon_0 V}{r} \frac{V}{kr} = \frac{2\varepsilon_0 V^2}{kr^2} \quad (11)$$

と表される。

【0087】

一方、ノズル先端部に於ける液体の表面張力を P_s とすると、

【数 11】

$$P_s = \frac{2\gamma}{r} \quad (12)$$

20

ここで、 γ ：表面張力、である。

静電的な力により流体の吐出が起こる条件は、静電的な力が表面張力を上回る条件なので

【数 12】

$$P_e > P_s \quad (13)$$

30

となる。十分に小さいノズル径 r をもちいることで、静電的な圧力が、表面張力を上回らせる事が可能である。

この関係式より、 V と r の関係を求めると、

【数 13】

$$V > \sqrt{\frac{2\gamma k}{\varepsilon_0} r} \quad (14)$$

が吐出の最低電圧を与える。すなわち、式 (7) および式 (14) より、

40

【数 14】

$$h \sqrt{\frac{\gamma \pi}{2\varepsilon_0 r}} > V > \sqrt{\frac{2\gamma k}{\varepsilon_0} r} \quad (15)$$

が、本発明の動作電圧となる。

【0088】

ある半径 r のノズルに対し、吐出限界電圧 V_c の依存性を前述した図 5 に示す。この図より、微細ノズルによる電界の集中効果を考慮すると、吐出開始電圧は、ノズル径の減少に伴い低下する事が明らかになった。つまり、ノズル径が $20 \mu m$ 未満であることにより、

50

電界を集中させることができ、微細液滴を安定に吐出でき、かつ吐出開始電圧を低減できる。図5より、ノズル径が8 μm 以下であることにより、さらに電界を集中させることができ、微細液滴をさらに安定に吐出でき、かつさらに吐出開始電圧を低減できることがわかる。また、さらにノズル径は、4 μm 以下であることが好ましい。

従来の電界に対する考え方、すなわちノズルに印加する電圧と対向電極間の距離によって定義される電界のみを考慮した場合では、微小ノズルになるに従い、吐出に必要な電圧は増加する。一方、局所電界強度に注目すれば、微細ノズル化により吐出電圧の低下が可能となる。

【0089】

静電吸引による吐出は、ノズル端部における流体の帯電が基本である。帯電の速度は誘電緩和によって決まる時定数程度と考えられる。

【数15】

$$\tau = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad (20)$$

ここで、 ε ：流体の比誘電率、 σ ：流体の導電率である。流体の比誘電率を10、導電率を 10^{-6} S/m を仮定すると、 $\tau = 1.854 \times 10^{-5} \text{ sec}$ となる。あるいは、臨界周波数を f_c とすると、

【数16】

$$f_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (21)$$

となる。この f_c よりも早い周波数の電界の変化に対しては、応答できず吐出は不可能になると考えられる。上記の例について見積もると、周波数としては10 kHz程度となる。このとき、ノズル半径2 μm 、電圧500V弱の場合、 G は $10^{-13} \text{ m}^3/\text{s}$ と見積もることができるが、上記の例の液体の場合、10kHzでの吐出が可能なので、1周期での最小吐出量は10 f l (フェムトリットル、1 f l : 10^{-15} l)程度を達成できる。

【0090】

なお、各上記本実施の形態においては、図4に示したようにノズル先端部に於ける電界の集中効果と、対向基板に誘起される鏡像力の作用を特徴とする。このため、先行技術のように基板または基板支持体を導電性にしたり、これら基板または基板支持体に電圧を印加する必要はない。すなわち、基板として絶縁性のガラス基板、ポリイミドなどのプラスチック基板、セラミックス基板、半導体基板などを用いることが可能である。

また、上記各実施形態において電極への印加電圧はプラス、マイナスのどちらでも良い。さらに、ノズルと基材との距離は、500 [μm]以下に保つことにより、溶液の吐出を容易にすることができる。また、図示しないが、ノズル位置検出によるフィードバック制御を行い、ノズルを基材に対し一定に保つようにする。

また、基材を、導電性または絶縁性の基材ホルダーに裁置して保持するようにしても良い。

【0091】

図6は、本発明の他の基本例の一例としてのインクジェット記録装置の側面断面図を示したものである。ノズル1の側面部には電極15が設けられており、ノズル内インク3との間に制御された電圧が引加される。この電極15の目的は、Electrowetting効果を制御するための電極である。十分な電場がノズルを構成する絶縁体にかかる場合この電極がなくともElectrowetting効果は起こると期待される。しかし、本基本例では、より積極的にこの電極を用いて制御することで、吐出制御の役割も果たすようにしたものである。ノズル1を絶縁体で構成し、その厚さが1 μm 、ノズル内径が2 μm 、印加電圧が300Vの場合、約30気圧のElectrowetting効果になる。この圧力は、吐出のためには、不十分であるが溶液のノズル先端部への供給の点か

10

20

30

40

50

らは意味があり、この制御電極により吐出の制御が可能と考えられる。

【0092】

前述した図6は、本発明における吐出開始電圧のノズル径依存性を示したものである。インクジェット記録装置として、図1に示すものを用いた。微細ノズルになるに従い吐出開始電圧が低下し、従来より低電圧で吐出可能なことが明らかになった。

【0093】

上記実施形態において、インク吐出の条件は、ノズル基板間距離（L）、印加電圧の振幅（V）、印加電圧振動数（f）のそれぞれの関数になり、それぞれにある一定の条件を満たすことが吐出条件として必要になる。逆にどれか一つの条件を満たさない場合他のパラメーターを変更する必要がある。

【0094】

この様子を図7を用いて説明する。

まず吐出のためには、それ以上の電界でないと吐出しないうある一定の臨界電界 E_c が存在する。この臨界電界は、ノズル径、溶液の表面張力、粘性などによって変わってくる値で、 E_c 以下での吐出は困難である。臨界電界 E_c 以上すなわち吐出可能電界強度において、ノズル基板間距離（L）と印加電圧の振幅（V）の間には、おおむね比例の関係が生じ、ノズル間距離を縮めた場合、臨界印加電圧Vを小さくする事が出来る。

【0095】

逆に、ノズル基板間距離Lを極端に離し、印加電圧Vを大きくした場合、仮に同じ電界強度を保ったとしても、コロナ放電による作用などによって、流体インク滴の破裂すなわちバーストが生じてしまう。そのため良好な吐出特性を得るためには、ノズル基板間距離は $100\mu m$ 程度以下に抑えることが吐出特性並びに、着弾精度の両面から望ましい。

【0096】

【発明の効果】

本発明によれば、超微細化ノズルによる低コンダクタンス化により、単位時間あたりのインク吐出量を低減させることができ、インク滴の微小化を容易に実現することが可能となる。さらに、かかるインク滴吐出流量の低減と吐出電圧の低下とにより、微小なインク滴の吐出を実行するための制御を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 インクジェット記録装置の側面図である。

【図2】 記録ヘッド及び記録ヘッドに係る部材の断面図である。

【図3】 インクの吐出動作とインクに印加される電圧との関係を示す説明図であって、図3（A）は吐出を行わない状態であり、図3（B）は吐出状態を示す。

【図4】 ノズルの電界強度の計算を説明するために示したものである。

【図5】 ノズルのノズル径とメニスカス部で吐出する液滴が飛翔を開始する吐出開始電圧、該初期吐出液滴のレイリー限界での電圧値及び吐出開始電圧とレイリー限界電圧値の比との関係を示す線図である。

【図6】 インクジェット記録装置の側面断面図を示したものである。

【図7】 インクジェット記録装置における距離－電圧の関係による吐出条件を説明した図である。

【符号の説明】

- 100 インクジェット記録装置
- 20 記録ヘッド
- 21 ノズル
- 22 流路
- 23 対向電極
- 24 インク室
- 25 吐出電圧印加手段
- 26 ノズルプレート
- 27 インク供給路

10

20

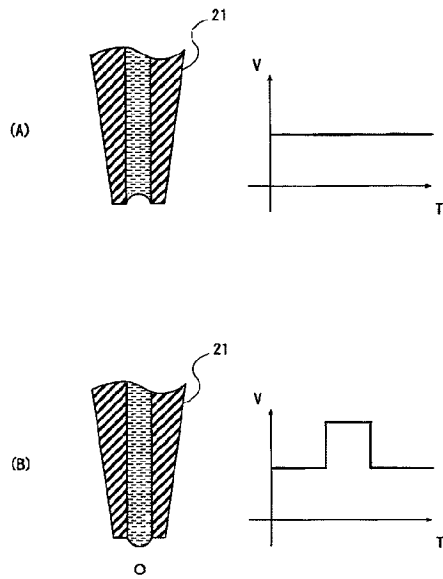
30

40

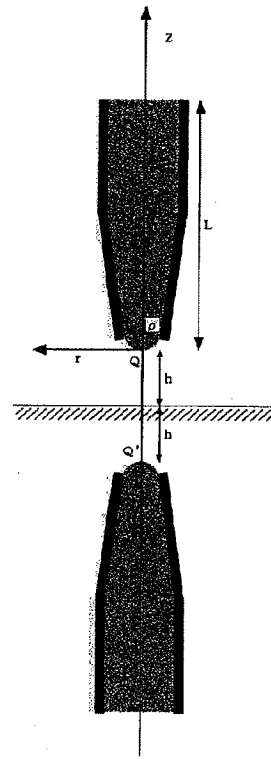
50

K 基材

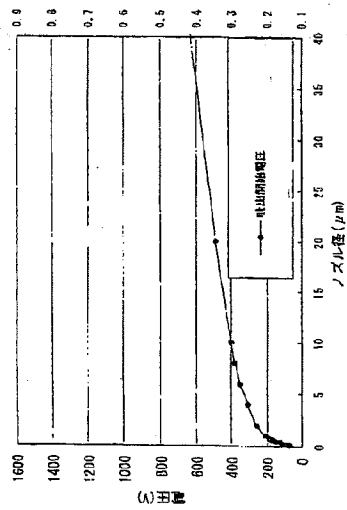
【図 3】



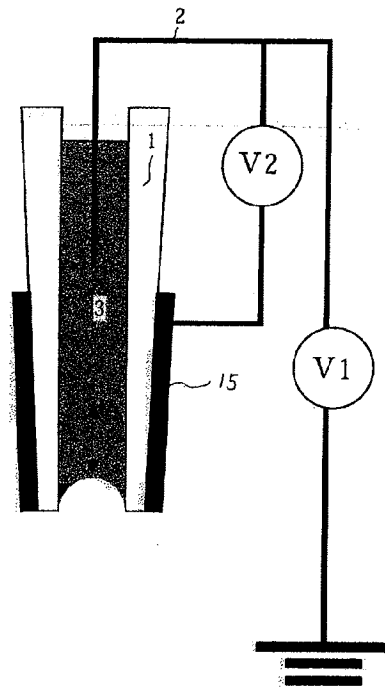
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 横山 浩

茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

Fターム(参考) 2C056 EA04 EA13 EC08 EC14 EC38 EC70 FA07 FC01 FD20 HA09

HA12 HA20 HA44 HA60

2C057 AF33 AF55 AG08 AH20 AM15 AM16 BD05 BD07